

広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編，第22巻，63－80，1996年12月

## 大学祭における食品と容器に着目した環境監査の実施と方法論 — 使い捨てからリユースへ —

吉田 宣幸\*・早瀬 光司\*\*

\*広島大学大学院生物圏科学研究科

\*\*広島大学総合科学部自然環境研究講座

## Performance and Method of Environmental Auditing on Foods and Vessels at a Festival in Hiroshima-Univ. — from One-way to Re-use —

Nobuyuki YOSHIDA \* and Kohji HAYASE \*\*

\**Graduate school of Biosphere Sciences, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739, Japan*

\*\**Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739, Japan*

**Abstract :** Environmental auditing, which constructs, evaluates and improves environmental management system, has attracted increasing attention in the world. Fundamentals of environmental auditing are the concepts of “system” and “environment” and the principle of entropy increase.

In this study, environmental auditing was carried out at a festival in Hiroshima-Univ. in 1995. Measured were foods, vessels and fuel gas in incoming part, products by street stalls and garbage in outgoing part. Eatable and uneatable parts of the product were separated and measured. Garbage was measured by weight, and categorized according to material, type and source. It was found that unrecycled garbage was for approximately 39% (about 1.6t) of all garbage (about 4.0t). Unrecycled garbage from Street Stalls was approximately 40% of all unrecycled garbage and that from consumer was 41%.

While waste from factory at production part have been mainly focused, recently Green Consumerism appeared so as to focus on products (goods) at consumption part. Advantage and disadvantage were simulated on assumption that one-way vessels were converted to re-use vessels at a festival in Hiroshima-Univ. in 1995. Since by the conversion, emission of CO<sub>2</sub>, garbage and material resource were reduced 30kg, 228kg and 126kg, respectively, the conversion plan have a merit overall. Additionally, it is also economically acceptable.

This study made Co-op decide maximal support to improve the plan that is from one-way to re-use vessels at a festival in Hiroshima-Univ. in 1996. Environmental auditing will be carried out at a festival by converting one-way vessels to re-use vessels, and quantity of garbage and emission of CO<sub>2</sub> will be determined and elucidated.

**Key words :** environmental auditing, Green Consumer, one-way vessels, re-use vessels

## 背 景

近年、人間活動によって地球環境は危機的状況に追い詰められており、人類は自らの活動を見直し、地球環境問題解決への積極的な取り組みが求められている。

これまでは「企業」の出すごみ、即ち「産業廃棄物」が大きく注目され、例えば大気汚染物質、水質汚染物質、土壌汚染物質などの排出基準を設け、それを守ることが重要視されていた。やがて、それだけでは不十分であることが指摘され、「企業」の導入物、導入エネルギー、商品にも注意が向けられるようになってきた<sup>1)</sup>。特に商品が注目され始めたことは画期的なことである。「消費者」が出すごみ、即ち「一般廃棄物」も重要視され始めたのである。この象徴的な動きの一つがグリーン・コンシューマニズム（「緑の消費者運動」＝環境に配慮した買物をする賢い消費者運動）である。この消費者運動は、それまでの商品の使用段階にのみ注目していたものから、商品の廃棄段階にも注目したもの、さらに製造段階、原料採取段階へと視点を広げつつある<sup>2)</sup>。この運動は商品についての公表された信頼できる情報に基づくことで成立するため、商品の環境負荷を正しく測定し、これが公表されるシステムの確立が求められている。

このシステムの一つが、「企業」などに対して行われる環境管理・環境監査である。これは、ISO14000シリーズでは、より環境負荷を減らしていくために環境管理システムを「企業」内部に構築して運営し、そのシステムを監査することをいう。本論文では具体的に実態を把握し、それを改善していくことに重点を置き、「企業」の導入物、送出物（廃棄物、商品）、「企業」内部での物質の動きに着目し、それらを計測し、環境負荷軽減のための計画を立て、実施し、再び計測することで、どの程度改善されたかを明らかにし、公表するものであり、環境パフォーマンスを評価し、監査するものである<sup>3-8)</sup>。

これは、環境管理システムの組織形態を工夫することで「企業」だけではなく、身近などのような組織体にも適用することができ、また適用することが求められている<sup>5)</sup>。なぜならば、組織体のある改善計画が本当に環境負荷を減らすことを証明するために、実態を把握することが有効だからである。

また、大学生に身近な大学祭は社会の縮図と見ることもできる。即ち「大学祭実行委員会」＝「行政（政府）」、「イベント・展示・露店」＝「企業」、「お客」＝「消費者」である。「大学祭実行委員会」は毎年ごみの処理に頭を抱えているが、ごみの主な排出源は「大学祭実行委員会」ではなく、「イベント・展示・露店」のそれぞれの事業主体である。大学祭の環境負荷を減らすためには、それぞれの利害関係を調整しつつ進めなければならない。したがって、大学祭を改善する過程は、一般社会、日本のそれにつながると思われる。

## 目 的

本研究では、環境負荷軽減の行動計画を立てるための最初の環境監査の実施として、小さな社会である大学祭において、食品と容器に着目した環境監査を行い、使い捨て容器から洗い皿（リユース容器）への転換による環境負荷（CO<sub>2</sub>の排出量、ごみの発生量）の変化量、金銭的成本の変化をシミュレーションすることを目的とする。具体的な改善案（行動計画）として、大学祭会場内にある大学生協西2食堂の洗い皿（リユース容器）と洗浄器から構成されているリユース・システムの導入、大学祭実行委員会による強力な「指導」による運用を想定した。

また、より簡便な測定方法の妥当性の検証を試みるなど、方法論の改善も検討する。

具体的な目的、着目点は以下の5点である。

#### 1. 大学祭のごみの内訳

1995年11月3～5日の広島大学の大学祭における全てのごみについて、その量、組成、発生源、その処理方法を明らかにすることで、環境負荷の大きなごみの量、削減可能と思われるごみの量を把握する<sup>9)</sup>。(ごみにのみ注目した従来の調査)

#### 2. 減らせる「一般ごみ(容器ごみ)」の量

各露店の導入物、商品に着目し、商品から発生するごみ(以下「一般ごみ」と呼ぶ)の量、組成、デザイン(大きさなど)を明らかにし、洗い皿(リユース容器)への転換によって削減可能なごみの量を把握する。(商品に注目した調査)

#### 3. 算出方法の比較

また、同じものを異なる方法で測定(算出)し、その差を明らかにすることで、算出値の妥当性、より簡便な算出方法の妥当性の検証を試みる。

#### 4. 環境負荷面での改善案の評価

洗い皿(リユース容器)への転換によって必要になると思われる洗浄器の使用によって発生する環境負荷と、洗い皿(リユース容器)への転換によって削減可能な環境負荷を比較する。

#### 5. 金銭面での改善案の評価

洗い皿(リユース容器)への転換による金銭的成本の変化を計算する。

### 測定方法(大学祭について)

#### 0. 全体の流れ

はじめに、大学祭実行委員会の実行委員長、露店(バザー)担当者に環境監査実施の協力を求めた。その後、大学祭実行委員会が例年設けている露店団体に対する説明会(1995年10月13日17:00～)において、環境監査実施の説明を行い、協力露店を求め、記入してもらう調査用紙と説明文をその場で大学祭実行委員会から露店団体に配付してもらった。さらに後日大学祭実行委員会を通じて、電話によって協力するかどうかの確認を行った。

一方、商品、ごみの測定を行う協力スタッフの募集を行い、マニュアルを配付し、説明会を開いた。

大学祭当日の早朝、大学祭実行委員会、協力スタッフとの打ち合わせ、秤、調査用紙などの設置を行った。

また大学祭終了後、西2食堂においても調査を行った。

#### 1. 系の設定

図1に大学祭における物質の流れと小系を示した。

大学祭の会場を一つの系とし、導入物と送出物を調べた。系を細分化するため、大学祭の会場の構成要素を「イベント・展示サークル」「各『露店』」「『客』一般」「ごみ箱(客専用)」「ごみコンテナ」とし、さらに「各『露店』」について詳しく把握するため、会場外の下準備場所(アパー

トなど) も加えた。

露店団体はスーパーや大学生協などから食材や使い捨て容器を購入し、いったんアパートなど下準備場所に持ち込み、調理を施した後、大学祭当日の会場に持ち込む。この時に発生したごみは、地元のごみ処理場で処理される。会場で露店はガスなどのエネルギーを使ってさらに調理し、使い捨て容器に盛り付けて客に商品として販売する。客は商品を食べ、食べガラをごみ箱に捨てる。一方露店は調理時に発生したごみや食材の余りなどをごみコンテナに捨てる。

イベント・展示サークルは、自分達の発表終了後、ごみをごみコンテナに捨てる。

なお、大学祭は1995年11月3・4・5日あり、その3日間調査を続けた。

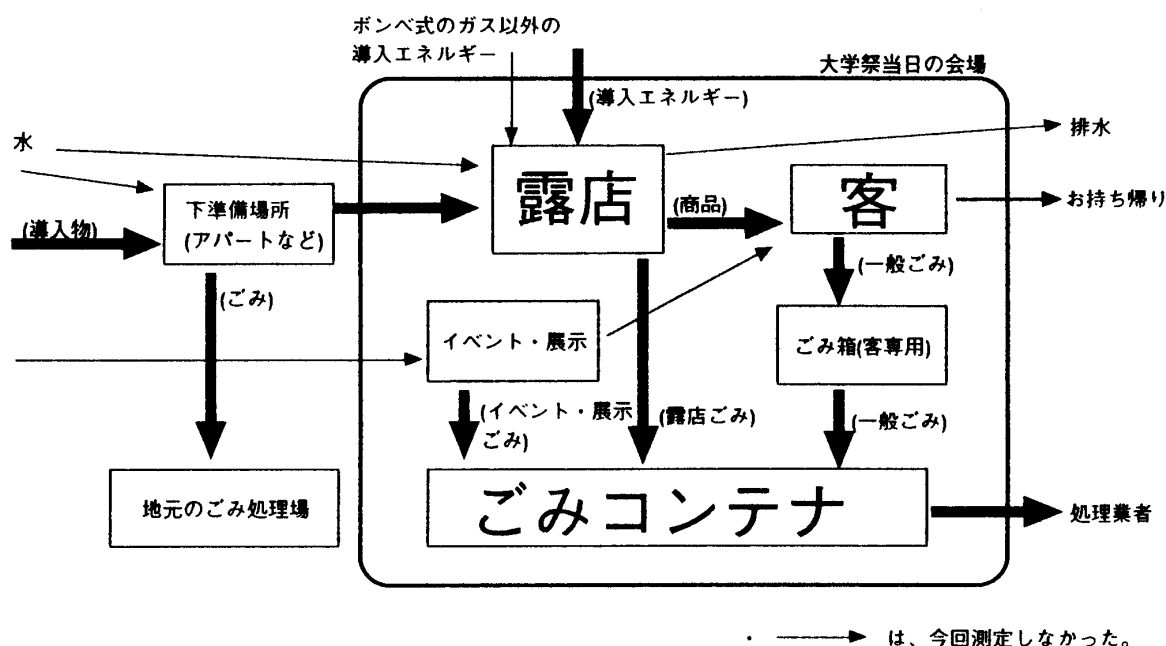


図1. 大学祭における物質の流れと小系

## 2. ごみコンテナに来るごみ

大学祭で発生するすべてのごみは、袋に入れられ、または紐で括られて「イベント・展示サークル」、「各『露店』」、「ゴミ箱（客専用）」のどれかを經由して夕方の短時間に「ごみコンテナ」に集まって来る。その出所、重量、組成、及び袋数を測定項目とした。

組成は「プラスチック」「紙」「木材」「金属」「ガラス」「生ごみ」「段ボール」の7つに分別し、それぞれの重さとした。段ボールは「紙」であるが、大学祭の間に何度も再使用されるので「紙」とは別の項目を立てた。

### 2-1. 「一般ごみ」の測定について

1、2日目のすべての「一般ごみ」の重量、袋数を実測した。3日目は「燃えるごみ」「カン・ビン」の袋数のみを実測し、1、2日目の袋数と重量の関係から重量を推測した。

組成については「燃えるごみ」「カン・ビン」それぞれ1日3袋ずつ、2日間で計12袋をサンプルに選び、分別実測した。また、組成と同時に、割り箸や紙皿などの品目ごとの個数も調べた<sup>9)</sup>。

### 2-2. 全露店の「露店ごみ」の測定について

重量、袋数はすべて実測し、組成については協力露店を中心に、可能なかぎり多くを分別実測した。

なお出所をはっきりとさせるため、各露店に「ゴミ分別シール」を配布し、ゴミ袋に露店名を明示してもらった。

### 2-3. 「イベント・展示ごみ」の測定について

「イベント・展示ごみ」は2-2.同様に、「ゴミ分別シール」を貼ってもらい、重量、袋数、組成を調べた。

## 3. 協力露店を系として

大学祭の各協力露店を系とし、「導入物」「導入エネルギー」「商品（生産物）」「露店ごみ」について調べた。

### 3-1. 協力露店の「導入物」の測定について

「導入物」とは、食材、使い捨て容器など商品製造・販売のために購入し、消費した消耗品全てである。ただし、水は測定困難なため、調査項目から削除した。測定方法は、露店に秤を貸し出し、品目名、個数、重量、余り、余りの使い道などを調査用紙に記入してもらった。

### 3-2. 協力露店の「導入エネルギー」の測定について

「導入エネルギー」には電力、ガスなどがあるが、水同様に測定困難であるため、ボンベ式ガスの当日消費量のみを調査項目とした。値は、使用前後のボンベ重量の差とし、ブタンガスは協力露店に測定してもらい、プロパンガスは秤の都合上筆者が実測した。

### 3-3. 協力露店の「商品（生産物）」の測定について

「商品（生産物）」とは、露店が客に販売したものである。「一つ当たりの重さ」と「販売数」から「商品（生産物）」の総量を求めた。「一つ当たりの重さ」は筆者が実測し、「販売数」は各露店が測定した。

図2に商品分析の手順を示した。購入直後の商品の重さA gを量り、食後の食べガラの重さB gを量ることで、食部の重さ(A-B) gを求めた。食べガラを2週間放置し、十分自然乾燥させた後の重さ(C+D) gを量ることで食べガラの水分を求めた。また、乾燥した容器の洗浄前後の重さの差(D-E) gは、ソースなど洗浄によって水質を汚染する液性残留物の乾重と考えた。

また容器には大きさがあり、デザインが重んじられる。例えば、小さな平皿に山盛りの焼きそばは盛れないし、湯飲みではビールは飲めない。そこで大きさなども実測し、これらの支障がないものについてのみ、洗い皿（リユース容器）に代替できる使い捨て容器「リユース代替可能容器」とした。判断の基準は、西2食堂の洗い皿に代替可能かどうかとした。

### 3-4. 協力露店の「露店ごみ」の測定について

当日の露店から出てくるごみはすべてごみコンテナに来るが、前日の下準備時に発生したごみはごみコンテナには来ないため、各協力露店に測定してもらうことにした。

また、当日の「露店ごみ」の測定については2-2.の通りであり、すべての協力露店の重量、袋数を実測した。

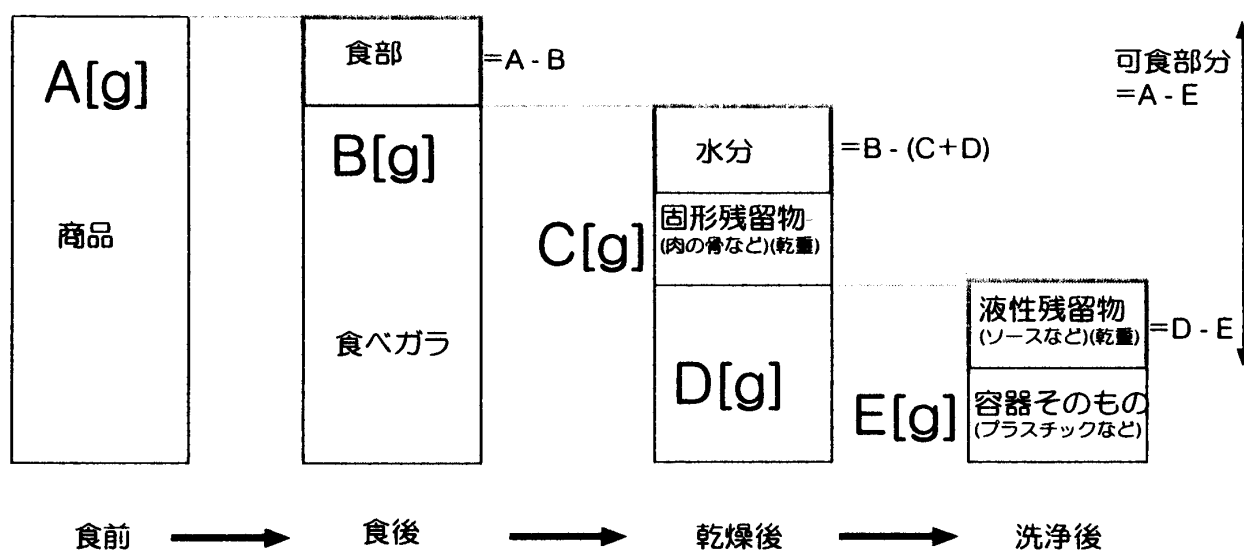


図2. 商品分析の手順

#### 4. 大学生協のデータから半数の露店の「導入物」の測定について

大学生協の協力を得、予約販売した使い捨て容器の品目ごと、露店団体ごとの個数と重量を測定した。個数については伝票を利用し、重量については実測した。露店団体名が明記されていたため、大学生協から購入したのは大学祭全体のちょうど半数の54〔店舗・日〕であることがわかった。

#### 5. 西2食堂の洗浄器について

もしもすべての「リユース代替可能容器」を洗い皿に転換した場合、大学祭の会場内に位置している西2食堂の洗浄器が使用できると好都合である。環境負荷の増加量、最大洗浄可能枚数を求めるため、11月27日から12月12日までの平日の洗浄アイテム数、ガス、電力、水の消費量を調査した。洗浄アイテム数は、レシートのデータから、それ以外は洗浄器の使用時間とカタログスペックから求めた。

#### 6. 西2食堂の商品の可食部分と使い捨て容器の関係

3-3. と同様の商品分析も行い、可食部分と使い捨て容器の量を求め、露店の商品との比較対象とした。

### 結果・考察

#### 1. 実測した割合

表1に段ボールごみを除くすべてのごみの量と分別実測量を示した。4つの枠は上からそれぞれ、ごみコンテナに持ち込まれたごみ袋の全個数、ごみの全重量、分別実測できた重量、それらから求めた分別実測率である。ただしごみの全重量の3日目の一般ごみに関しては実測値ではなく、ごみ袋の数からの推測値である。

ごみの全重量の日変動を見ると、最終日の3日目が最も多かった。これはある程度ごみが溜るまでごみ袋をごみコンテナに持ち込まないため、最終日にまとまってしまうためである。

表1. 段ボールを除くすべてのごみの量と分別実測量

ごみ袋の全個数	1日目	2日目	3日目	計
燃えるごみ	79	72	88	239
カン・ビン	30	22	48	100
一般ごみの合計	109	94	136	339
露店ごみ	89	75	114	278
イベント・展示ごみ	7	12	47	66
出所不明ごみ	6	5	36	47
一般ごみ以外の合計	102	92	197	391
合計	211	186	333	730

ごみの全重量	1日目	2日目	3日目	計
燃えるごみ	199200	212490	239925	651615
カン・ビン	79910	75700	143640	299250
一般ごみの合計	279110	288190	383565	950865
露店ごみ	209975	221812	342865	774652
イベント・展示ごみ	23275	46070	146370	215715
出所不明ごみ	26603	38781	93450	158834
一般ごみ以外の合計	259853	306663	582685	1149201
合計	538963	594853	966250	2100067

・3日目の一般ごみの重さは、ごみ箱の個数と1、2日目のデータから計算した。

・数値の単位は[g]。

分別実測重量	1日目	2日目	3日目	計
燃えるごみ	6338	5206	0	11544
カン・ビン	9521	12588	0	22109
一般ごみの合計	15859	17794	0	33653
露店ごみ	195438	86423	42633	324494
イベント・展示ごみ	2600	41370	25600	69570
出所不明ごみ	24063	14231	78450	116744
一般ごみ以外の合計	222101	142024	146683	510808
合計	237960	159817	146683	544460

・数値の単位は[g]。

分別実測率	1日目	2日目	3日目	計
燃えるごみ	3.18%	2.45%	0.00%	1.77%
カン・ビン	11.91%	16.63%	0.00%	7.39%
一般ごみの合計	5.68%	6.17%	0.00%	3.54%
露店ごみ	93.08%	38.96%	12.43%	41.89%
イベント・展示ごみ	11.17%	89.80%	17.49%	32.25%
出所不明ごみ	90.45%	36.70%	83.95%	73.50%
一般ごみ以外の合計	85.47%	46.31%	25.17%	44.45%
合計	44.15%	26.87%	15.18%	25.93%

・「分別実測率」＝「分別実測重量」/「ごみの全重量」

分別実測率を見ると、一般ごみについては低く、信頼性はさほど高くないと思われる。しかしそれ以外については2桁台であり、信頼性が高いと考えられる。

## 2. ごみコンテナに来るごみ

図3にごみコンテナに集まった全ごみの出所別の重量とその組成を示した。横軸に出所別の発生総重量を、縦軸にその組成率を示した。ただし、段ボールごみは露店やイベント・展示から発生するが、いったんごみコンテナに捨てられた後も、リユース（再使用）されるという性質があるため、別にした。

業者によってリサイクルされないごみに着目すると、一般ごみのプラスチックごみと紙ごみが466kgでリサイクルされない全ごみの約30%を占めており、ごみの発生量を削減するためには無視できないことがわかった。

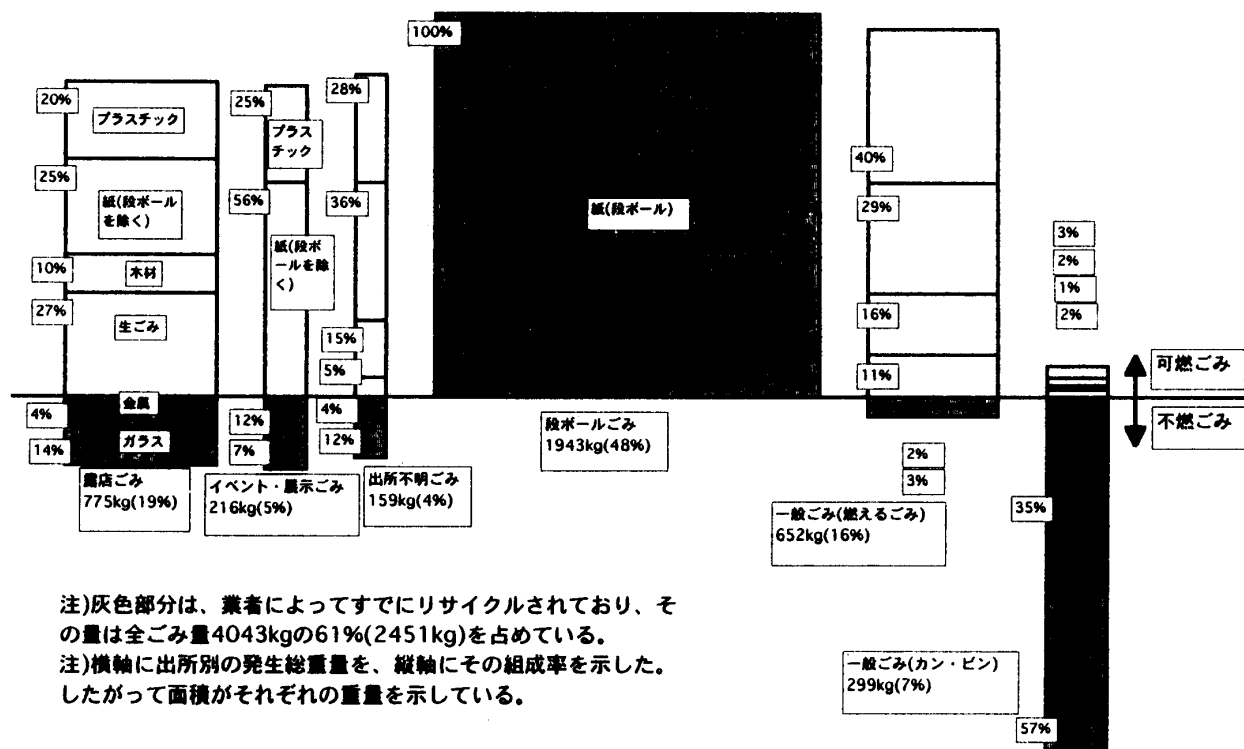


図3. ごみコンテナに集まった全ごみの出所別の重量と組成

### 2-1. 「一般ごみ」について

表2に「一般ごみ」に含まれていた容器などの個数(枚数)を示した。そのうち「リユース代替可能容器」に\*印をつけた。数値の求め方は「燃えるごみ」「カン・ビン」それぞれ6袋ずつの重量とそれに含まれている使い捨て容器などの個数を求め、重量比で全体数を推測した。これと後に述べる大学生協の予約販売した使い捨て容器の品目ごとの個数(枚数)との相関係数は $R^2=0.84$ (散布図を作成し、近似直線の $y$ 切片を0とした)と、サンプル数の割に高い信頼性が期待できると思われる。



表2. 「一般ごみ」に含まれていた容器の個数

品目	個数	リユース代替可能容器
割り箸	27945 (本)	
串(細)	10548 (本)	
串(太)	1366 (本)	
爪楊枝	1524 (本)	
紙コップ	4509 (個)	*
紙コップ大	508 (個)	
透明コップ	2807 (個)	
発泡平皿	8286 (枚)	*
紙平皿	747 (枚)	*
透明蓋付深皿	1350 (枚)	*
発泡蓋付深皿	2710 (枚)	*
深皿(プラスチック)	826 (枚)	*
深皿(紙)	366 (枚)	*
深皿どんぶり	2371 (枚)	*
深皿どんぶり小	2314 (枚)	*
タバコの吸い殻	1043 (個)	
パンフレット	169 (冊)	
アルミホイル	113 (枚)	
ペットボトル	84 (個)	
カン	2382 (個)	
ビン	327 (個)	

注)数値は、実測値を重量比で「一般ごみ」全体に拡大した推測値。

注) \*印はリユース代替可能容器としたもの。

## 2-2. 「露店ごみ」について

組成実測の際に、カセットコンロのガスボンベ（内容量250gタイプ）を金属ごみに含めたが、かなり多い印象を受けた。気付いてメモしただけでも露店ごみの金属ごみの35%以上を占めていた。したがって再使用可能なプロパンガスのボンベに転換することによって、金属ごみが削減できる。

マーケティングミス（出食予測のミス）と思われるごみも目についた。ひどいものだけ述べると、1日目にはタコ820gとキャベツ1900gが、2日目にはパン45500gが、3日目には発泡平皿100枚が、それぞれ1つの袋に入っていた。

また、露店ごみを一切出さなかったことになっている露店は8団体18〔店舗・日〕であった。これは全店舗数108〔店舗・日〕の16.7%である。しかしごみを一切出さないことはその露店のメニューから考えてありえないことなので「ゴミ分別シール」を貼らなかった可能性が高い（これについては2-3. で再び述べる）。

## 2-3. 「出所不明ごみ」について

「ゴミ分別シール」が貼られなかったごみを「出所不明ごみ」と定義した。その重量は159kgであり、露店ごみと足した重量933kgの17.0%であった。これは2-2.のごみを一切出さなかったことになっている露店数の16.7%という数字と非常に近い。したがって、「出所不明ごみ」は「露店ごみ」の一部と考えられる。

## 2-4. 「イベント・展示ごみ」について

紙ごみが56%と、中心を占めていた。実際には段ボールごみも、これに加わるためさらに大きな

割合であったと考えられる。

### 3. 協力露店を系として

協力露店は、大学祭の全露店63団体（108〔店舗・日〕）中、15団体（28〔店舗・日〕）であったが、調査項目によって空欄が生じてしまった。本調査の目的はそれぞれの露店の環境監査ではなく大学祭全体の環境監査であるため、3-1. では協力露店の導入物について、3-2. では協力露店が販売した商品について得られたデータをまとめた。また、3-3. では協力露店の環境監査として11団体20〔店舗・日〕について「導入物」「導入エネルギー」「商品（生産物）」「露店ごみ」の関係を総合的に示した。20〔店舗・日〕にしたのは、項目間の信頼性を極力高めるためであり、食材の値段を除いて、最もデータが欠けていた項目でも3〔店舗・日〕以内になるようにした。なお、数値は1〔店舗・日〕当りの平均の重さ、〔g/店舗・日〕で記した。

#### 3-1. 協力露店の26〔店舗・日〕の商品について

図4に26〔店舗・日〕について分析した全商品に占めるリユース代替可能容器とそれに付着していた液性残留物の重量を示した。基本的に図2と同じ手順であるが、食べガラをリユース代替可能容器か否かに分類し、リユース代替可能容器についての数値を示した。その結果、1170（含有炭素量753）〔g/店舗・日〕（317.54〔枚/店舗・日〕）の使い捨て容器が削減できる代わりに、375〔g/店舗・日〕の液性残留物（水質汚染物質）が発生すると分かった。また、液性残留物は洗い皿（リユース容器）に転換した場合に、水質を汚染する有機物の量であるが、洗い皿の方が使い捨て容器よりも付着物が少なくなると考えられるため、実際にはさらに少ないと思われる。

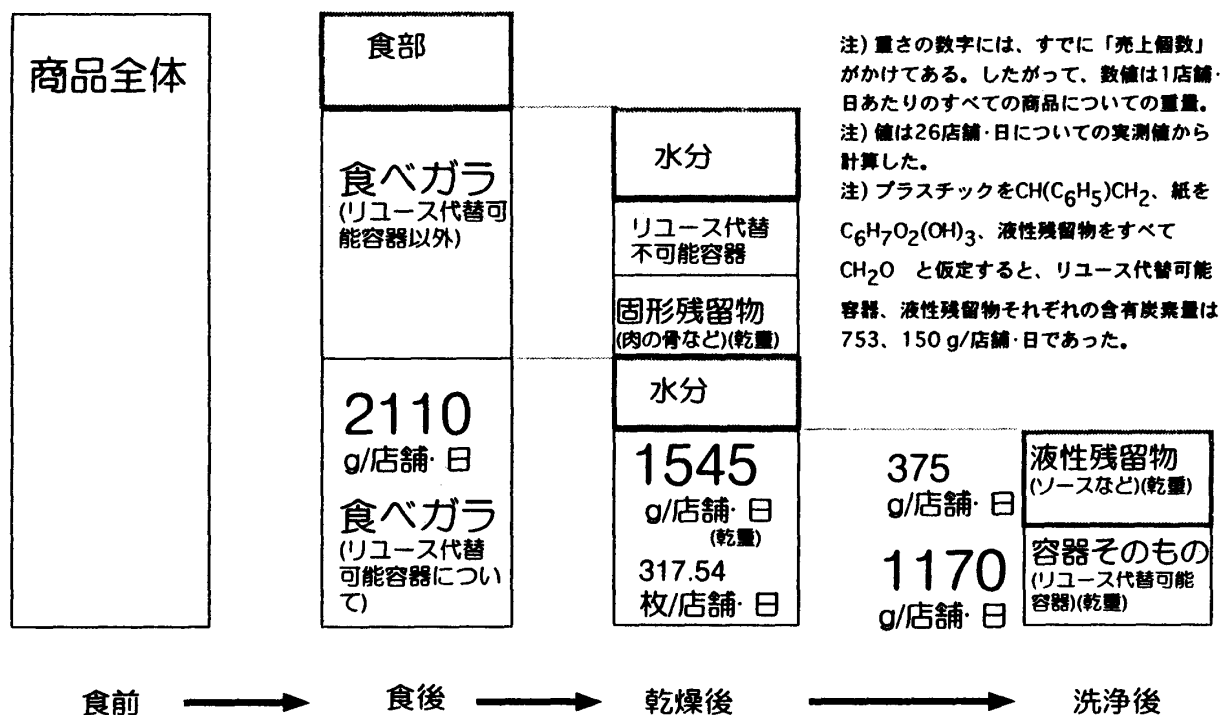


図4. 全商品に占めるリユース代替可能容器と液性残留物の重要とその算出手順（26店舗・日より）

### 3-2. 協力露店の26〔店舗・日〕の導入物について

3-1. と同じ露店について、今度は導入物（購入量－余り）から値を求めた。その結果、1397（含有炭素量1012）〔g／店舗・日〕（295.42〔枚／店舗・日〕）の使い捨て容器が削減できると分かった。

### 3-3. 協力露店20〔店舗・日〕を系として

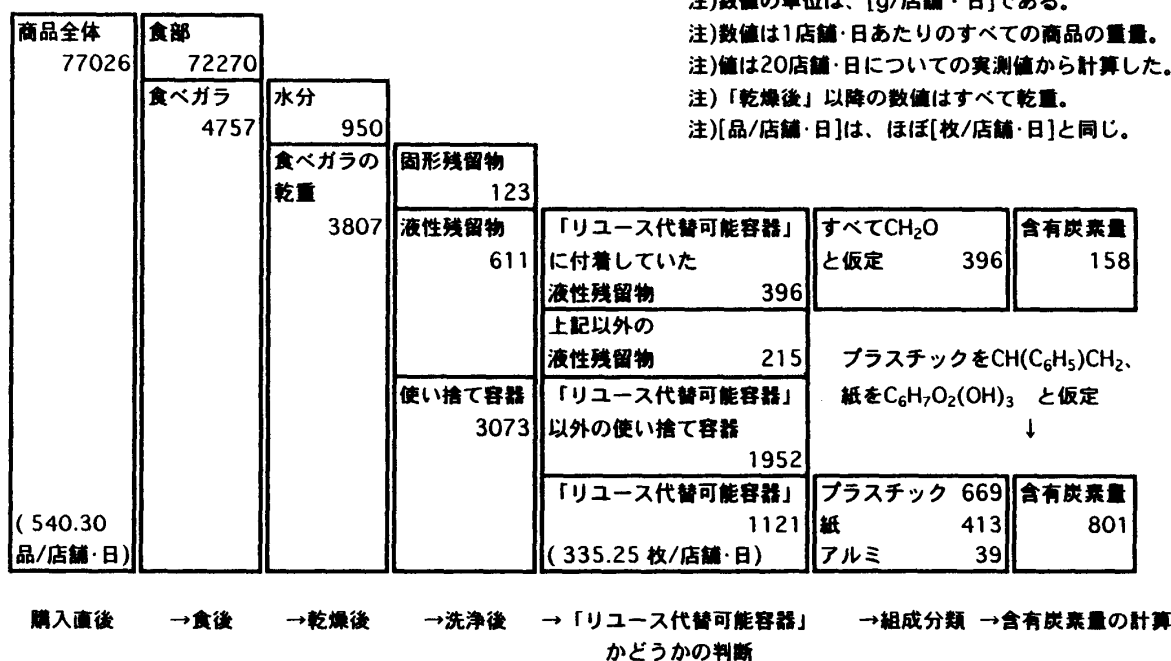
図5に20〔店舗・日〕について分析した全商品の食べガラとその内訳を示した。基本的に図4と同じであるが、並びを一部入れ替えている。その結果、1121（含有炭素量801）〔g／店舗・日〕の使い捨て容器が削減できる代わりに、396〔g／店舗・日〕の水質汚染物質が発生すると分かった。なお、結果が図4と似ているのは、サンプルが重なっているためであり、数値の妥当性を保証するものではない。

図6に協力露店を中心にした流れ図を示した<sup>4,5,8)</sup>。

導入物の所で、余ったためにメンバーで分けたり、来年のためにとっておくなどの対策を取った量は、食材、使い捨て容器、それぞれ購入量の5%、同13%であった。このことからマーケティングミス（出食予測のミス）が読み取れる。導入エネルギーでは、それぞれを純粋なプロパン、ブタンと仮定して計算した。

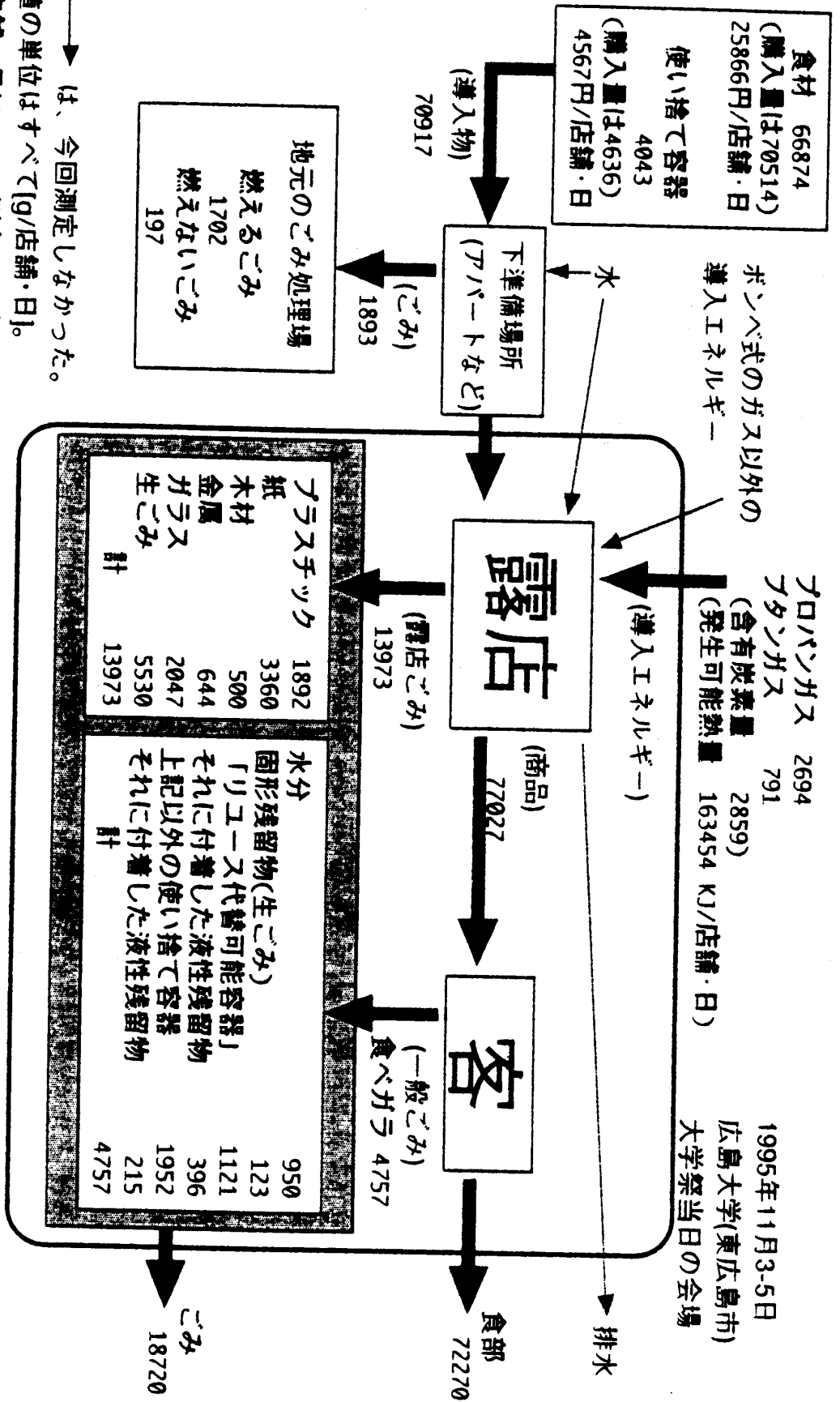
## 4. 大学生協のデータから半数の露店の「導入物」の測定について

表3に大学生協が予約販売した使い捨て容器の内訳を示した。3つの枠は上からそれぞれ、品名（品目）毎の明細、その集計結果、それに含まれるリユース代替容器についての集計結果である。その結果リユース代替可能容器は、1064（含有炭素量811）〔g／店舗・日〕（328.70〔枚／店舗・日〕）であると分かった。またリユース代替可能容器は、2,989〔円／店舗・日〕であり、洗浄コストがこれ以下でなければ、一般の露店の洗い皿への転換は進まないと考えられる。



「リユース代替可能容器」及びその可溶性残留物に含まれていた水分は950中524〔g／店舗・日〕であり、リユース容器に転換することで2040〔g／店舗・日〕の食べガラが削減できる。

図5. 全商品の食べガラとその内訳とその算出手順（20店舗・日より）



注) —→ は、今回測定しなかった。

注) 数値の単位はすべて[g/店舗・日]。

注) 20店舗・日について測定した結果である。

注) 一般ごみ(食べガラ)の内訳は「水分」以外乾重であり、それ以外は湿重。

注) 焼き鳥の串のように、導入物の食材に使い捨て容器が含まれているものもあった。

注) 地元のごみ処理場では、プラスチックは燃えないごみに含まれる。

注) 客が食べ切れず、食べ残したもの「食部」に含めた。

図6. 協力露店を中心の小「系」とした流れ図 (20店舗・日より)

表3. 大学生協が予約販売した使い捨て容器の内訳

No.	品名(品目)	入数(1セットに入っている個数)	組価	重量[g/セット]	材質	合計個数	合計重量[g]	合計金額[円]	リユース代替可能容器
1	紙コップ 7オンス	10	100	57	紙	2300	13110	¥23,690	*
2	紙コップ 9オンス	100	1200	885	紙	700	6195	¥8,652	*
3	プラストコップ	10	60	40	プラスチック	1000	4000	¥6,180	
4	うどんどんぶり	50	800	185	プラスチック	3300	12210	¥54,384	*
5	紙皿 18cm	10	110			0	0	¥0	*
6	舟皿 小	100	300	150	プラスチック	500	750	¥1,545	*
7	舟皿 中	100	350	186	プラスチック	5800	10788	¥20,909	*
8	たこ焼き入れ 小	100	900	410	プラスチック	2300	9430	¥21,321	*
9	たこ焼き入れ 中	100	1200	115	プラスチック	1200	1380	¥14,832	*
10	フードバック H-3	50	250	177	プラスチック	0	0	¥0	*
11	F-200	50	600	130	プラスチック	1050	2730	¥12,978	*
12	割り箸	200	400	720	木材	11000	39600	¥22,660	
13	中スプーン	100	500	145	プラスチック	600	870	¥3,090	*
14	竹串	100	80	98	木材(竹)	5100	4998	¥4,202	
15	竹串(太)	100	500			0	0	¥0	
16	爪楊枝	800	120	105	木材	4000	525	¥618	
17	クレープ袋	100	1100	392	紙	200	784	¥2,266	
18	フライドポテト袋	100	800			0	0	¥0	
19	ハンバーガー包紙	100	800	220	紙	500	1100	¥4,120	
20	ポップコーン袋	100	1000			0	0	¥0	

すべて	プラスチック	15750	42158	
	紙	3700	21189	
	木材	20100	45123	
	合計	39550	108470	¥201,447
	1店舗・日当り	732.41	2008.70	¥3,731
	含有炭素量		1312.85	

リユース代替可能容器	プラスチック	14750	38158	
	紙	3000	19305	
	木材	0	0	リユースによって浮く費用
	合計	17750	57463	¥161,401
	1店舗・日当り	328.70	1064.13	¥2,989
	含有炭素量		811.16	

注)含有炭素量の計算においてプラスチックを $\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2$ 、紙を $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3$ とし、木材は半分が炭素と仮定した。

注)11/3-5の大学祭以外での使用を目的としている物は除いた。

注)この表は、大学生協の売上データと重さの実測値から計算して、重量[g/セット]を求め、それを基に作成した。

注) \*はリユース代替可能容器としたもの。

## 5. 西2食堂の洗浄器について

11月27日から12月12日までの平日の平均洗浄アイテム数は、11017.9アイテムであった。また使用時間から計算した水、電力、ガス、洗剤、人力の消費量は、1890kg、227.2kWh、20.25kg（含有炭素量16.57kg）、0.82kg、28人hであった。

ちなみに11017.9アイテム中、湯飲みやフォークなどを除いたお皿ののべ数は5512.75枚であり、他の生協食堂からの支援（お皿の借り入れなど）が必要になる可能性もあるが、通常の西2食堂は昼食、夕食の短時間にこれだけの洗浄を行っているため問題はないと考えられる。

## 6. 西2食堂の商品の可食部分と使い捨て容器の関係

西2食堂の1日の全商品の可食部分、それを供給するのに消費された使い捨て容器はそれぞれ983

(お茶を除く)、10kg (割り箸 8 kgを含む) であった。3-3. の図5から計算した結果、露店の1 [店舗・日] の全商品の可食部分、使い捨て容器はそれぞれ74kg、3kgであった。したがって可食部分1000 g 当たり西2食堂では10.5 (含有炭素量6.3) g、露店では41.6 (同24.67) g の使い捨て容器が消費されたことになる。

また、西2食堂では割り箸を洗い箸に、露店ではリユース代替可能容器を洗い皿に転換した場合、使い捨て容器をそれぞれ2.4 (含有炭素量2.2) g、26.4 (同13.8) g に削減できる。

ただし、含有炭素量を比較するためには洗浄器の使用によるガスの消費分を考慮に入れる必要がある。その結果西2食堂では転換の前後がそれぞれ23.10 g、 $(19.04 + \alpha)$  g であった。 $\alpha$  [g] は洗い箸の洗浄で消費されるガスの可食部分1000 g 当たりの含有炭素量である。また露店では、24.67 g、20.65 g であった。なおガスの値は [5. 西2食堂の洗浄器について] のところの洗い皿の枚数とガスの消費量を基に計算した。

以上のことから固形廃棄物の量は、西2食堂の方が圧倒的に少ないが、消費される資源の含有炭素量 (大気中に排出される炭素量) は、大差ないことが分かった。したがって洗浄を洗浄器にいつまでも頼り続けることは、地球温暖化問題をいくらかは軽減できるが、根本的解決にはならない。ただしこの計算は、大学祭という系にのみ着目した値であり、使い捨て容器やガスの使用・廃棄段階における排出炭素量のみであり、原料採取・製造・輸送段階が含まれていないため、これらを含めた LCA 的評価が、今後の課題である。

ちなみに、可食部分から計算すると西2食堂の規模は、露店13店舗強に相当する。

## ま と め

### 1. 大学祭のごみの内訳

図3から、大学祭で発生したすべてのごみは約4.0 tであり、その内リサイクルされないごみは約1.6 tであった。したがって61%のごみはすでに業者によってリサイクルされている (段ボールごみ約1.9 tを含む)。そこでリサイクルされないごみと、されているごみに分けて以下にまとめた。

#### 1-1. リサイクルされないごみについて

図3から、一般ごみのプラスチックごみと紙ごみと木材ごみが、リサイクルされない全ごみの約35%を占めていた (木材を除くと約30%)。したがって、使い捨て容器を削減することが、ごみ削減にとって重要であると考えられる。

また、露店ごみの生ごみは同13%、スーパーなどから購入した食材の包装材が中心を占めるプラスチックごみも同10~13%と、大きな割合を占めていた。したがって、食材の購入量を減らしたり、包装材の少ない食材を購入するなどを、露店団体が心掛ける必要がある。

具体的方策として、食材の購入量については、公的機関がマーケティングを行い当日の客数を予測し、事前の集まりを設置して露店団体間で商品量を調節することが有効と思われる。包装材の少ない食材の購入については、公的機関があらかじめ包装材の少ないお店のリストを作成、配布することで、露店団体がそういうお店で購入しやすくすることが有効と思われる<sup>2,9)</sup>。また、洗い皿転換についても公的機関が明確なシステムを提示し、システムを運用することが有効と思われる。

#### 1-2. すでに業者によってリサイクルされているごみについて

業者によると、リサイクルされたごみは、段ボールごみと金属ごみとガラスごみであった。リサ

イクルは廃棄物を全く出さず、かつ環境にやさしいように錯覚されやすいが、そのようなことはない。リサイクルする過程でエネルギーを消費し、不純物、劣化物が廃棄物となる。それ以外にも色々な問題を抱えている。そのためリサイクルされるごみも可能なかぎり削減することが望まれる<sup>9,10)</sup>。

段ボールは、露店においては、地面のタイルへの油污れ防止の敷物、看板として使われ、イベント・展示では多道具、小道具として使われ、また会場の各所ではお客さん用のごみ箱として使われており、大学祭において無くてはならないものとなっている。

一方金属ごみ、ガラスごみは主に飲料容器であり、しかも地元の文化を担っている中小企業ではなく、大手企業による販売であったため大学祭として無くてはならないものとは言い難い。洗い皿(コップ)による供給に切り換えることで、ごみの削減が期待できる。

## 2. 減らせる一般ごみの量

図5から、全使い捨て容器(乾重)に占めるリユース代替可能容器(乾重)の割合は、4割を切っている。また図4から計算した結果、湿重では228kgとリサイクルされないごみの約13%であり、1-1.で期待された30%よりはるかに低く、大きな削減にはならない。しかし使い捨て容器の中心を占める発泡スチロールは比重が軽いので、体積ではかなりの割合を占めていると思われる<sup>9)</sup>。

また一般ごみは、大学祭実行委員会がごみ分別作業をする際に最も時間が取られる部分であるため、この点も見逃すことができない。

## 3. 算出方法の比較

表4に算出方法の違いによる削減可能炭素量の比較を示した。Cの26[店舗・日]の協力露店の導入物を基に計算した場合を除いて、ほぼ同値であった。なお、A、B、C、D、Eはそれぞれ2-1.、3-1.、3-2.、3-3.、4.で求めた値を使用しており、洗浄器については[5. 西2食堂の洗浄器について]のところで求めた値の比率を基に計算した。

最も労力のかからない算出方法は、Eであったが、これは露店の店舗・日数の半分が同じお店から使い捨て容器を予約購入したという特別な事情があったためであり、他大学においては利用できない。また、実験前には最も簡単で精度が高いとされていたCの方法であるが、購入物品管理は露店によってまちまちであり、ずさんな数量管理をしているところが少なくなかったため、信頼性が低くなってしまったと思われる。また、Aのごみ調査はサンプル数の割に精度が高かったため、有力な方法であると言える。ただし、ごみ袋内の容器には生ごみが付着していることが多いので、重量には測定誤差が生じやすいと考えられる。したがって組成調査の際には、品目毎の個数(枚数)調査を併用する必要がある。

表4. 算出方法の違いによる削減可能炭素量の比較

測定・算出方法	測定できた店舗・日数	リユース代替可能容器			洗浄器について(枚数を基に計算)				削減可能炭素量 <sup>2)</sup>
		容器重量	枚数	含有炭素量 <sup>1)</sup>	水	消費電力	ガス(LPG)	含有炭素量 <sup>1)</sup>	
(A) <sup>3)</sup> 一般ごみを基に計算	一般ごみの3.5%	85kg	23480枚	63kg	4.0t	484kWh	43.15kg	35kg	28kg
(B) 露店の商品を基に計算	26店舗・日(24.1%)	126kg	34294枚	81kg	5.9t	707kWh	63.03kg	52kg	30kg
(C) 露店の導入物を基に計算	26店舗・日(24.1%)	151kg	31906枚	109kg	5.5t	658kWh	58.64kg	48kg	61kg
(D) 露店の商品を基に計算	20店舗・日(18.5%)	121kg	36207枚	87kg	6.2t	747kWh	66.55kg	54kg	32kg
(E) 生協の予約販売を基に計算	54店舗・日(50.0%)	115kg	35500枚	88kg	6.1t	732kWh	65.25kg	53kg	34kg

\*1)含有炭素量はプラスチックを $\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2$ 、紙を $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3$ 、LPGを $\text{C}_3\text{H}_8$ と仮定して求めた。

\*2)削減可能炭素量はリユース代替可能容器とLPGの含有炭素量の差から求めた。

\*3)Aは「燃えるごみ」箱の1.8%、「カン・ビン」箱の7.4%(いずれも重量比)のデータを基にしているため、信頼性は低いと思われる。

注)使用・廃棄段階についてのみ考察したので、数値はLCAの結果ではない。

注)値は大学祭全体に拡大した値(「測定できた店舗・日数」の%の逆数がすでにかけてある)。

#### 4. 環境負荷面での改善案の評価

表5にリユース代替可能容器をすべて代替した場合の得失を示した。数値は表4のBの、26〔店舗・日〕の協力露店の商品を基に算出した値を使用した。その結果大気中への排出炭素量は30kg削減できることがわかった。ただしこの値は、大学祭という系にのみ着目した値であり、使い捨て容器やガスなどのエネルギーの使用・廃棄段階における排出炭素量のみである。したがって原料採取・製造・輸送段階が含まれていないため、これらを含めたLCA的評価が、今後の課題である。

排出炭素量が削減できる一方で、水質汚染物質が40kg発生する。使い捨て容器の場合には、この水質汚染物質は他のごみと一緒に焼却処分されるため水質を汚染しないが、排出炭素量は同じかそれ以上となる。またリユース代替可能容器は、大学祭3日間で約34000枚であった。西2食堂は3日間で約33000アイテムを洗浄し、微生物を使った下水処理施設によって処理している。したがって、通常の業務で発生する下水よりもわずかに多い程度であるため、下水処理施設は対応できると考えられる。

以上のことから、改善策は排出炭素量を削減することができ、環境負荷を軽減できるといえる。

表5. リユース代替可能容器すべてを代替した場合の得失

##### <メリット>

- ・ 228kgのごみ削減。
  - ・ ごみの運搬、焼却で消費する燃料の節約。
  - ・ 126kgの資源節約
- (CO<sub>2</sub>の炭素換算 **81** kg)。

##### <デメリット>

- ・ 洗浄器の使用により、水資源(約6t)、電力(707kWh)、LPG(63kg(炭素換算 **52** kg))、人力(87(人・h))の消費。
- ・ 固体洗剤の使用と排出(2.5kg)。
- ・ 水質汚染物質40kg(乾重)の排出。

注)1995年11月3-5日の大学祭において、広島大学生協西2食堂のリユース・システムを使ったと仮定した。

注)今回はLCAによる計算ではなく、使用・廃棄段階のみ考慮している。従って原材料採取・製造・輸送(流通)段階の考慮が今後の課題である。

#### 5. 金銭面での改善案の評価

下記の方法で計算した結果、金銭面の問題はないことが分かった。

単位洗浄コストは、1995年11～12月の平日2週間の水道、ガス、電力の西2食堂全使用量とそれに含まれる洗浄器の使用量からそれぞれの割合を求め(これをA1～A3とする)、店舗別経費明細表から水道、電力、ガスの年間支払額を求め、それを分類別供給月報から求めた年間のべ使用皿枚数(洗い皿使用商品の供給点数)で割り算した値にA1～A3を掛けて、3つの値を足した値に、皿洗いのアルバイト料を加えて求めた。ただし分類別供給月報に載っているのは商品のみの数であり、フォークなどは含まれていないため実際の単位洗浄コストはさらに低い。



## そ の 後

本研究の洗い皿への転換シミュレーションは、西2食堂のお皿と洗浄器の使用を前提とした。そこで1996年度の大学祭では、実際にそれらを使用するために、西2食堂の持ち主である大学生協に働き掛けた。大学生協と大学祭のつながりは、生協による使い捨て容器やガスボンベの販売といった商業的な関係があるだけである。しかし、大学生協の最高意思決定機関である総代会に提案を行った結果、環境問題重視の姿勢から1996年度活動方針に『秋の大学祭において、露店（バザー）の「使い捨て皿」から「洗い皿」への転換を促進するため、最大限の助力をします。』が盛り込まれた。ただし、実際の運用では衛生問題などのため、シミュレーション前提とは異なる形での助力となった。

この衛生問題などの障害は次のようなものである。大学祭時の洗い皿の安全性の観点から見ると、室外で使われた皿は、室内で使われた皿よりも細菌などの付着する可能性は高いが、大半の細菌は熱に弱く、食堂の食器洗浄器であれば問題は少ないと思われる。しかし食堂の営業の観点から見ると、関係者以外が厨房を出入りすることは衛生面でよくない。また休日であったとしても、職員の最低一人は、その場で監督していなければならないため、職員の給料だけでなく労務契約などの問題が発生する。また、万一食中毒が発生した場合には、大学生協の責任が追及される可能性もある。そのため大学生協は通常使用しているお皿と洗浄器の貸出しはできず、その代わりに廃棄予定のお皿を大学経由で使用できるようになった。

また露店は、環境負荷やコストの軽減を歓迎しながらも、衛生面、手間がかかる点、客のイメージを心配していた。

以上のように、環境負荷軽減への関心は高いが、衛生面などの大きな壁がある。これらの問題は大学祭の洗い皿への転換においてだけでなく、一般社会、日本の容器包装のリサイクルにも共通して存在する問題である。

## 要 旨

環境管理システムを構築・評価・改善するシステムが環境監査であり、世界的に注目されている。環境監査を行う上での基本概念は「系」と「環境」の理念であり、エントロピー増大則である。

本研究では、1995年の広島大学大学祭において、大学祭全体と、その中の露店を系として環境監査を実施した。導入物として食材と使い捨て容器を、導入エネルギーとしてボンベに入ったガスを、送出力として露店の生産物（商品）とごみについて測定した。露店の生産物は、食部と食べガラ（ごみ）についても測定した。また、ごみの出所別の重量、組成を求めた。大学祭全体では約4.0 tのごみが発生し、業者によってリサイクルされなかったごみは39%の約1.6 tであった。その内40%が露店からのごみ、41%が客からのごみであった。

かつては工場における生産段階の廃棄物が主に注目されていたが、それだけでは不十分であるとしてのグリーン・コンシューマニズムに代表されるように、生産物（商品）の消費段階における在り方も問われはじめた。そこで大学祭における商品としての使い捨て容器を洗い皿（リユース容器）に転換した場合の改善効果や得失をシミュレーションした。その結果、リユース容器への転換に伴い洗浄器を使用することによって約6 tの水資源、707kWhの電力、63kgのLPG、87人hの人力、2.5kgの固形洗剤が消費され、40kg（乾重）の水質汚染物質が排出されるデメリットもあったが、126kgの物質資源を含む228kgのごみ、30kgのCO<sub>2</sub>の大気中への排出が削減でき、総体的にはメリットの

方が大きかった。また金銭的にも成り立つことがわかった。

リユース容器への転換効果が定量化できたことで大学生協の総代会での議論を通じ、1996年の大学祭の露店の洗い皿への転換に大学生協が最大限の助力をすることが決定した。実際にリユース容器に転換し、再び環境監査を実施し、ごみの量、排出炭素量の変化を評価する予定である。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、研究対象の場を提供していただいただけでなく、全面的に協力してくださいました第44回広島大学大学祭実行委員会の皆様、広島大学消費生活協同組合、食堂部長の酒井春樹様に心から感謝いたします。

また当日の調査スタッフとしてご協力いただいた総合環境サークル・アゴラ企画室をはじめとする有志の皆様に厚く御礼申し上げます。

最後に、調査にご協力いただいた第44回広島大学大学祭参加の露店の皆様に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 八太昭道 1991「ごみから地球を考える」岩波書店
- 2) グリーンコンシューマー・ネットワーク 1994「地球にやさしい買い物ガイド」講談社
- 3) ルディ・ミュラー・ヴェンク（宮崎修行訳）1994「エコロジカル・アカウンティング」中央経済社
- 4) 早瀬光司 1994「具体的な環境監査」廃棄物学会誌 Vol.5、No.5、427-435
- 5) 早瀬光司・赤井裕・八太昭道・和田英樹 1995「事務系オフィス（一つの「社会システム」）における紙類の流れに着目した環境監査の実施とその方法論に関する研究」廃棄物学会誌 Vol. 6、No.6、215-224
- 6) 藤森敬三 1994「環境監査」NECクリエイティブ
- 7) 赤井裕・早瀬光司 1994「社会システムとしての組織体における紙類の環境実態監査 ―その経時変化について―」広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編、第20巻、113-130
- 8) 山西敏道・赤井裕・早瀬光司 1995「社会システムとしての企業体における環境監査の実施と経年的効果の考察」広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編、第21巻、145-160
- 9) 高月 紘 1995「容器・包装廃棄物」廃棄物学会誌 Vol.6、No.5、402-408
- 10) 黒井尚志 1994「リサイクルの幻想と現実 ―資源再生の現場で何が起きているのか―」ダイヤモンド社